

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 12 100.5

**Anmeldetag:** 19. März 2003

**Anmelder/Inhaber:** Robert Bosch GmbH, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Vorrichtung zur Messung eines Füllstandes einer Flüssigkeit in einem Behälter

**IPC:** G 01 F, B 60 K, B 65 D

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 17. November 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Stark', is placed here.

Stark

10.09.02 Hue

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Vorrichtung zur Messung eines Füllstandes einer Flüssigkeit  
in einem Behälter



Stand der Technik

15

Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung zur Messung eines Füllstandes nach der Gattung des Hauptanspruchs. Es ist schon eine Vorrichtung zur Messung eines Füllstandes aus der DE 199 42 378 A1 bekannt, bei der ein Ultraschallwandler außerhalb eines Kraftstoffbehälters nahe einem Ende eines zwischen einem Behälterboden und einer Deckenwandung vorgesehenen Schallführungskanals angeordnet ist. Der Ultraschallwandler sendet Ultraschallwellen in den Schallführungskanal, wobei die Ultraschallwellen an einem Flüssigkeitsspiegel reflektiert werden. Die reflektierten Ultraschallwellen werden von dem Ultraschallwandler empfangen und in einer Auswerteeinheit ausgewertet. Aus einer Laufzeit der Ultraschallwellen wird ein Füllstand ermittelt. Nachteilig daran ist, dass ein niedriger Füllstand nahe dem Behälterboden nicht mehr gemessen werden kann,

20

kann, da die Laufzeit der ausgesendeten Ultraschallwelle bei niedrigem Füllstand so kurz ist, daß die ausgesendete Ultraschallwelle noch nicht abgeklungen ist bevor die reflektierte Ultraschallwelle bereits zurückkommt. Die Vorrichtung weist somit einen vergleichsweise hohen minimal meßbaren Füllstand auf.

30

35

### Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Messung eines Füllstandes mit den kennzeichnenden Merkmalen des

5 Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß auf einfache Art und Weise eine Verbesserung dahingehend erzielt wird, daß der minimal meßbare Füllstand niedriger ist als beim Stand der Technik, indem an dem dem Ultraschallwandler zugewandten Ende eines Schallführungskanals ein waagerecht verlaufender und nahe dem Behälterboden angeordneter Vorlaufbereich vorgesehen ist. Der Vorlaufbereich erhöht die Laufzeit der ausgesendeten Schallimpulse, so daß die Laufzeit, die ein Schallimpuls benötigt für das Durchlaufen des Schallführungskanals bis zu einem minimalen Füllstand,

10 15 bei der der Füllstand gerade noch meßbar ist, und zurück zum Ultraschallwandler, ausreicht, um den erzeugten ausschwingenden Schallimpuls von seinem rekliktierten Schallimpuls, seinem Echo, sicher zu trennen.

20 Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Hauptanspruch angegebenen Vorrichtung zur Messung eines Füllstandes möglich.

25 Besonders vorteilhaft ist, wenn der Schallführungskanal im Anschluß an den Vorlaufbereich wenigstens eine Biegung mit einer Umlenkung und wenigstens einen geraden Bereich mit einem Kanalsteigungswinkel aufweist, da auf diese Weise die Laufzeit der ausgesendeten Schallimpulse an die Geometrie des jeweiligen Kraftstoffbehälters angepaßt werden kann. Dies ist notwendig, da die heutigen Kraftstoffbehälter sehr unterschiedlich konstruiert sind. Aus der Laufzeit des Schallimpulses wird der Füllstand bestimmt und mittels einer in einer Auswerteeinheit gespeicherten Kennlinie auf ein 30 35 Füllvolumen geschlossen. Abhängig von der Geometrie des Kraftstoffbehälters kann sich eine ungünstige große Steigung

der Kennlinie ergeben. Die große Steigung der Kennlinie bedeutet eine niedrige Empfindlichkeit der Messung des Füllstandes, da eine geringe Änderung der Laufzeit des Schallimpulses eine große Änderung des Füllvolumens bedeutet. Bei einer großen Steigung der Kennlinie ist ein Intervall der Laufzeit vom minimal meßbaren Füllstand bis zum maximalen Füllstand klein, so daß die Empfindlichkeit der Messung und damit die Meßgenauigkeit geringer ist. Durch Variation der Anzahl der Biegungen und der Anzahl der geraden Bereiche, des Winkels der Umlenkung an der jeweiligen Biegung und durch Variation des Kanalsteigungswinkels des jeweiligen geraden Bereichs des Schallführungskanals ist es beispielsweise möglich, die Laufzeit der ausgesendeten Schallimpulse und damit die Steigung der Kennlinie so anzupassen, daß sich möglichst über den gesamten Bereich des Füllvolumens eine hohe Empfindlichkeit und damit niedrige Steigung der Kennlinie ergibt. Besonders bei niedrigen Füllständen ist eine hohe Empfindlichkeit erforderlich, damit ein Fahrer eines Kraftfahrzeugs eine genaue und zuverlässige Füllstandsanzeige bekommt.

Auch vorteilhaft ist, den Ultraschallwandler der Vorrichtung an einer Seitenwandung anzuordnen, da auf diese Weise die Bodenfreiheit des Kraftfahrzeugs nicht eingeschränkt wird. Dies ist hinsichtlich der Gefahr einer Berührung des Kraftfahrzeugbodens mit Fahrbahnunebenheiten und einer damit verbundenen Beschädigung des Ultraschallwandlers besonders relevant.

Weiterhin vorteilhaft ist, den Ultraschallwandler ausserhalb des Kraftstoffbehälters anzuordnen. Auf diese Weise ist es möglich, einen besonders kostengünstigen Ultraschallwandler einzusetzen, da er keinen hochwertigen, gegen Kraftstoff beständigen Werkstoff benötigt und/oder nicht gegen den Kraftstoff abgedichtet bzw. gekapselt werden muß.

Darüber hinaus vorteilhaft ist, einen Ultraschallwandler einzusetzen, der Sender und Empfänger und damit besonders kostengünstig ist und die Vorrichtung vereinfacht.

5

Auch vorteilhaft ist, einen Ultraschallwandler einzusetzen, bei dem Sender und Empfänger voneinander getrennt sind. Bei diesem Ausführungsbeispiel kann der Vorlaufbereich entfallen.

10

Vorteilhaft ist, wenn der Schallführungskanal wenigstens eine Referenzreflektionsfläche aufweist, da auf diese Weise Störeinflüsse, wie beispielsweise die die Schallgeschwindigkeit und damit die Laufzeit der Schallimpulse beeinflussende Temperatur des Kraftstoffs, nachträglich in einer Auswerteeinheit kompensiert werden können.

15

Desweiteren vorteilhaft ist es, wenn der Schallführungskanal wenigstens zwei Öffnungen aufweist, damit Kraftstoff in den Schallführungskanal einströmen und sich der gleiche Füllstand wie in dem Kraftstoffbehälter einstellen kann. Durch diese Öffnungen ist ein Druckausgleich zwischen dem Schallführungskanal und dem Kraftstoffbehälter sichergestellt.

20

#### Zeichnung

30

Mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Fig.1 im Schnitt eine Ansicht der Vorrichtung zur Messung eines Füllstandes mit einem unter neunzig Grad gebogenen Schallführungskanal, Fig.2 im Schnitt eine Ansicht der Vorrichtung mit einem gebogenen und schräg verlaufenden Schallführungskanal, Fig.3

35

im Schnitt eine Ansicht der Vorrichtung mit einem mehrere Biegungen aufweisenden Schallführungskanal, Fig.4 im Schnitt eine Ansicht der Vorrichtung mit einem gebogenen und schräg verlaufenden Schallführungskanal ohne Vorlaufbereich, Fig.5 im Schnitt eine Ansicht der Vorrichtung mit einem innerhalb des Kraftstoffbehälters angeordneten Ultraschallwandler und Fig.6 eine Kennlinie, die das Füllvolumen des Kraftstoffbehälters als Funktion der Laufzeit darstellt.

10 Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Fig.1 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Messung eines Füllstandes in einem Behälter, insbesondere in einem Kraftstoffbehälter eines Kraftfahrzeugs.

15 Die Vorrichtung ist ausdrücklich nicht beschränkt auf die Füllstandsmessung in einem Kraftstoffbehälter. Die Vorrichtung kann den Füllstand einer beliebigen Flüssigkeit in jeder Art von Behälter messen. Darüber hinaus kann mittels der Vorrichtung auch das Füllvolumen des

20 Kraftstoffbehälters bestimmt werden.

Die Vorrichtung besteht aus einem in einem Behälter 1, beispielsweise einem Kraftstoffbehälter 1, angeordneten Schallführungskanal 2 und einem außerhalb des Kraftstoffbehälters 1 vorgesehenen Ultraschallwandler 3. In dem Kraftstoffbehälter 1 befindet sich als Flüssigkeit Kraftstoff bis zu einem Füllstand 4. Der Kraftstoff in dem Kraftstoffbehälter 1 hat ein Füllvolumen V. Auf der Höhe des Füllstands 4 befindet sich der Kraftstoffspiegel 5 als Grenzfläche zwischen Kraftstoff und einem darüber liegenden Leervolumen 8, das mit einem Gasgemisch beispielsweise bestehend aus Luft und verflüchtigtem Kraftstoff ausgefüllt ist.

Der Kraftstoffbehälter 1 kann eine beliebige Form haben und beispielsweise als Satteltank oder Mehrkammertank ausgebildet sein.

5       Der Schallführungskanal 2 ist innerhalb des Kraftstoffbehälters 1 angeordnet. Ein Ende des Schallführungskanals 2 ist an einer Innenseite einer Deckenwandung 9 des Kraftstoffbehälters 1, ein anderes Ende ist an einer Innenseite einer Seitenwandung 10 des

10      Kraftstoffbehälters 1 vorgesehen. Der Schallführungskanal 2 ist beispielsweise an die Deckenwandung 9 und an die Seitenwandung 10 geklebt, angespritzt oder angeschweißt. Der Schallführungskanal 2 hat beispielsweise einen runden Querschnitt mit einem Innendurchmesser, der kleiner als ein Zentimeter ist. Der Innendurchmesser beträgt beispielsweise fünf Millimeter. Der Querschnitt des Schallführungskanals 2 kann aber auch oval oder vieleckig sein. Der

15      Schallführungskanal 2 verläuft, von dem an der Innenseite der Seitenwandung 10 angeordneten Ende ausgehend und in das Innere des Kraftstoffbehälters 1 gerichtet, in einem Vorlaufbereich 11 beispielsweise geradlinig in gleicher horizontaler Richtung wie ein Behälterboden 12. Der Vorlaufbereich 11 kann aber auch geschlungen mit Biegungen oder schräg mit einer Steigung vorgesehen sein. Der Schallführungskanal 2 weist an den Vorlaufbereich 11 anschließend einen Meßrohrbereich 16 auf. Der Meßrohrbereich 16 weist an den Vorlaufbereich 11 anschließend eine erste Biegung 15 mit einem Biegeradius 14 und einer Umlenkung 13 auf. Die Umlenkung 13 beträgt beispielsweise neunzig Grad, kann aber auch kleiner oder größer neunzig Grad betragen, wie beispielsweise in den Fig.2 bis Fig.3 gezeigt ist. Unter der Umlenkung 13 wird im Folgenden immer ein Winkel verstanden. An die erste Biegung 15 des Meßrohrbereichs 16 anschließend verläuft der Meßrohrbereich 16 beispielsweise geradlinig in der gleichen Richtung wie die Seitenwandung 10, kann aber auch schräg zu der Seitenwandung 10 verlaufen.

20      

25      

30      

35

Nahe an den zwei Enden des Schallführungskanals 2 ist jeweils eine Öffnung 17 in der Wandung des Schallführungskanals 2 angeordnet. Es kann aber auch eine Vielzahl von Öffnungen 17 vorgesehen sein, die über die gesamte Länge des Schallführungskanals 2 verteilt angeordnet sind und gleichzeitig als Filter wirken und keine Verunreinigungen in den Schallführungskanal 2 einströmen lassen. Die Öffnungen 17 können beispielsweise rund, oval, rechteckig oder vieleckig sein. In dem Schallführungskanal 2 befindet sich Kraftstoff bis zu einem Füllstand 4.1. Auf der Höhe des Füllstands 4.1 befindet sich der Kraftstoffspiegel 5.1 als Grenzfläche zwischen Kraftstoff und einem darüber liegenden Leervolumen 8.1, das mit einem Gasgemisch beispielsweise bestehend aus Luft und verflüchtigtem Kraftstoff ausgefüllt ist.

Der Schallführungskanal 2 bestehend aus Vorlaufbereich 11 und Meßrohrbereich 16 ist beispielsweise einteilig ausgeführt und beispielsweise aus Kunststoff hergestellt, kann aber auch aus Metall sein.

Das Ende des auf der Innenseite der Seitenwandung 10 angeordneten Schallführungskanals 2 und der Vorlaufbereich 11 ist möglichst nahe an der Innenseite des Behälterbodens 12 vorgesehen. An der Außenseite der Seitenwandung 10, dem Ende des auf der Innenseite der Seitenwandung 10 angeordneten Schallführungskanals 2 gegenüberliegend und nahe dem Behälterboden 12 ist der Ultraschallwandler 3 vorgesehen. Der Ultraschallwandler 3 liegt an der Außenseite der Seitenwandung 10 an und ist beispielsweise mit einer an dem Kraftstoffbehälter 1 vorgesehenen Fassung 18 befestigt, in der er beispielsweise eingeclipst, eingeschraubt oder eingeklebt ist. Zwischen dem Ultraschallwandler 3 und dem Ende des Schallführungskanals 2 liegt die Seitenwandung 10.

In dem Vorlaufbereich 11 und innerhalb des Schallführungskanals 2 ist eine Referenzreflektionsfläche 19 vorgesehen, die beispielsweise eben ist und quer teilweise in den Schallführungskanal 2 hineinragt. Die Referenzreflektionsfläche 19 kann aber auch uneben sein und in beliebiger Richtung teilweise in den Schallführungskanal 2 hineinragen. Sie ist beispielsweise einteilig mit dem Schallführungskanal 2 verbunden. Die Referenzreflektionsfläche 19 kann beispielsweise auch ein in den Schallführungskanal 2 hineinragender und als Öffnung 17 dienender Kanal sein, der einen Schallimpuls reflektiert. Es können auch mehrere Referenzreflektionsflächen 19 im Schallführungskanal 2, sowohl im Vorlaufbereich 11 als auch im Meßrohrbereich 16, angeordnet sein.

Durch die Öffnungen 17 kann Kraftstoff in den Schallführungskanal 2 hinein bzw. aus dem Schallführungskanal 2 hinaus strömen. Dies geschieht, sobald der Füllstand 4 und der Füllstand 4.1 unterschiedlich hoch sind. Ist der Füllstand 4 höher als der Füllstand 4.1, beispielsweise nach einem Betanken des Kraftstoffbehälters 1, strömt Kraftstoff durch die unterhalb des Kraftstoffspiegels 5 liegenden Öffnungen 17 in den Schallführungskanal 2. Ist der Füllstand 4.1 höher als der Füllstand 4, beispielsweise durch den Verbrauch an Kraftstoff durch eine Brennkraftmaschine, strömt umgekehrt Kraftstoff aus dem Schallführungskanal 2 in den Kraftstoffbehälter 1. In den Fig.1 bis Fig.5 ist der Füllstand 4.1 zur besseren Unterscheidung von dem Füllstand 4 in einem Ungleichgewicht eingezeichnet, so daß der Füllstand 4.1 beispielsweise höher liegt als der Füllstand 4. Durch den Kraftstoffaustausch zwischen dem Kraftstoffbehälter 1 und dem Schallführungskanal 2 stellt sich aber immer nach einer gewissen Zeit ein Gleichgewicht mit gleich hohen Füllständen 4 und 4.1 ein, solange der Füllstand 4 oberhalb der in Bezug zum Behälterboden 12

untersten Öffnung 17 liegt. Der in den Schallführungskanal 2 einfließende Kraftstoff verdrängt mit seinem Volumen Gas, das durch die Öffnungen 17, die oberhalb des

5 Kraftstoffspiegels 5 liegen, aus dem Schallführungskanal 2 in den Kraftstoffbehälter 1 ausströmt. Umgekehrt strömt auch Gas durch die oberhalb des Kraftstoffspiegels 5 liegenden Öffnungen 17 in den Schallführungskanal 2 ein, wenn Kraftstoff aus dem Schallführungskanal 2 ausströmt. Durch die Öffnungen 17 erfolgt somit ein Druckausgleich zwischen 10 Kraftstoffbehälter 1 und Schallführungskanal 2 sowohl in Bezug auf den flüssigen Kraftstoff als auch auf das Gas. Sinkt der Kraftstoffspiegel 5 unter die in Bezug zum Behälterboden 12 unterste Öffnung 17, kann kein Kraftstoff mehr in den Schallführungskanal 2 einfließen.

15 Der Schallführungskanal 2 verringert bzw. dämpft die durch Schwappbewegungen hervorgerufenen Änderungen des Füllstands 4.1, da sich der Füllstand 4.1 durch Kraftstoffaustausch zwischen dem Kraftstoffbehälter 1 und dem Schallführungskanal 2 mittels der Öffnungen 17 dem Füllstand 4 erst zeitverzögert und allmählich anpaßt. Auf diese Weise wird erreicht, daß das gemessene Füllvolumen V des Kraftstoffes durch Schwappbewegungen im Kraftstoffbehälter 1, die beispielsweise bei Kurvenfahrten oder bei 20 Beschleunigung eines Kraftfahrzeugs auftreten können, weniger stark verfälscht wird als bei herkömmlichen Vorrichtungen.

25 Der Ultraschallwandler 3 ist beispielsweise ein Impuls-Echo-Sensor, der getaktet kurze Schallimpulse erzeugt und aussendet und eine Laufzeit t zwischen dem Zeitpunkt des Aussendens des Impulses und dem Zeitpunkt des Wiederkehrens des reflektierten Schallimpulses, des sogenannten Echos, mißt. Es kann aber auch ein anderer Sensor eingesetzt werden, der beispielsweise kontinuierlich Schallwellen erzeugt und aussendet, wobei hier nicht die Laufzeit t

ermittelt, sondern eine Phasenverschiebung zwischen den ausgesendeten und reflektierten Schallwellen gemessen wird.

Der Ultraschallwandler 3 ist beispielsweise gleichzeitig Sender und Empfänger. Es kann aber auch ein  
5 Ultraschallwandler eingesetzt werden, bei dem Sender und Empfänger räumlich getrennt sind.

Der von dem Ultraschallwandler 3 erzeugte Schallimpuls mit einer vorbestimmten Intensität überträgt sich auf die Seitenwandung 10 und von dort hauptsächlich auf den

10 Kraftstoff in dem Schallführungskanal 2. Der Schallimpuls breitet sich in dem Kraftstoff mit einer

15 Schallgeschwindigkeit in der Richtung des Schallführungskanals 2 aus, wird geleitet durch die Kanalwandung 22 des Schallführungskanals 2, trifft

schließlich auf den Kraftstoffspiegel 5.1 und wird dort  
15 reflektiert. Der reflektierte Schallimpuls bewegt sich nun in entgegengesetzter Richtung zurück zum Ultraschallwandler 3 und breitet sich mit der Schallgeschwindigkeit in Richtung des Schallführungskanals 2 aus. Der reflektierte

20 Schallimpuls trifft auf die Seitenwandung 10, durchdringt sie und trifft auf den Ultraschallwandler 3, der den reflektierten Schallimpuls detektiert und die Laufzeit  $t$  des Schallimpulses registriert.

25 Wichtig ist, daß die Laufzeit  $t$  des Schallimpulses nicht zu kurz ist und der reflektierte Schallimpuls schon nach zu kurzer Zeit wieder am Ultraschallwandler 3 ankommt, da dann der Ultraschallwandler 3 mit seiner charakteristischen

30 Ausschwingdauer noch von dem zuletzt erzeugten Schallimpuls ausschwingt und noch nicht für die Detektion des Echos bereit ist. Um die Laufzeit aber gerade bei niedrigen Füllständen 4 zu verlängern, ist bei dem Schallführungskanal 2 der horizontal bzw. waagerecht verlaufende Vorlaufbereich 11 vorgesehen, der den Weg des Schallimpulses bis zu dem  
35 Kraftstoffspiegel 5.1 verlängert. Durch den Vorlaufbereich 11 reicht die Laufzeit  $t$  aus, die ein Schallimpuls für das

Durchlaufen des Schallführungskanals 2 bis zu einem minimalen Füllstand 4, der gerade noch meßbar ist, und zurück zum Ultraschallwandler 3 benötigt, um den erzeugten ausschwingenden Schallimpuls von seinem reflektierten

5 Schallimpuls, seinem Echo, sicher zu trennen. Die Länge des Vorlaufbereichs 11 hängt also von einer Mindestlaufzeit ab, die der Ultraschallwandler 3 zum Ausschwingen benötigt, um anschließend sicher den reflektierten Schallimpuls zu detektieren.

10 Die Laufzeit  $t$  des Schallimpulses darf auch nicht zu lang sein, da die Intensität des Schallimpulses mit steigender Laufzeit abnimmt. Ist die Intensität des Schallimpulses zu gering, kann der Ultraschallwandler 3 den reflektierten Schallimpuls nicht mehr detektieren.

15 Der ausgesendete Schallimpuls wird sowohl an der Kanalwandung der ersten Biegung 15 als auch an der der weiteren Biegungen 27 reflektiert. Der Biegeradius 14, 28 muß dabei ausreichend groß sein, damit der Schallimpuls in Richtung Flüssigkeitsspiegel 5.1 reflektiert wird und sich 20 weiter in diese Richtung bewegt. Bei zu kleinem Biegeradius 14, 28 wird der Schallimpuls dagegen in Richtung Ultraschallwandler 3 reflektiert und bewegt sich zurück zum Ultraschallwandler 3, so daß eine fehlerhafte Laufzeitmessung erfolgen würde.

25 Über das Produkt aus Schallgeschwindigkeit und Laufzeit wird der Füllstand 4 bestimmt. Mittels einer in einer Auswerteeinheit 23 gespeicherten Kennlinie 24 (Fig.6) wird auf das Füllvolumen  $V$  geschlossen.

30 Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann mittels des Ultraschallwandlers 3 das Füllvolumen  $V$  des Kraftstoffbehälters 1 bis zu einem minimalen Füllstand 4 messen. Der minimale Füllstand 4 hängt davon ab, wie nah der Schallführungskanal 2 an der Innenseite des Behälterbodens 35 12 angeordnet ist, hängt außerdem ab von der Größe des

Querschnitts des Schallführungskanals 2 und von der Lage der in Bezug auf den Behälterboden 12 untersten Öffnung 17, da die Laufzeit erst sicher gemessen werden kann, sobald der Vorlaufbereich 11 zumindest teilweise mit Kraftstoff gefüllt ist. Je höher der Schallführungskanal 2 in Bezug auf den Behälterboden 12 liegt, je höher die in Bezug auf den Behälterboden 12 unterste Öffnung 17 liegt und je größer der Querschnitt des Schallführungskanals 2 ist, desto höher muß der Kraftstoffspiegel 5 steigen, bevor der Kraftstoff über die in Bezug auf den Behälterboden 12 unterste Öffnung 17 in den Schallführungskanals 2 einströmen kann und bevor der minimale Füllstand 4 erreicht ist. Unterhalb des minimalen Füllstands 4 kann kein Füllvolumen V gemessen werden. Es versteht sich, daß der minimale Füllstand 4, ab dem ein Füllvolumen V gemessen werden kann, so klein wie möglich sein sollte. Daher muß der Schallführungskanal 2 so nah wie möglich an dem Behälterboden 12 angeordnet werden und daher ist der Querschnitt des Schallführungskanals 2 entsprechend klein zu wählen.

Der Querschnitt des Schallführungskanals 2 ist vorzugsweise so klein zu wählen, daß der Kraftstoffspiegel 5.1 aufgrund einer Oberflächenspannung des Kraftstoffs eine Kalottenform ausbildet. Auf diese Weise wird erreicht, daß der Kraftstoffspiegel 5.1 keine schräge Neigung annimmt. Sollte der Kraftstoffspiegel 5 des Kraftstoffbehälters 1 beispielsweise bei einer Bergauffahrt oder Bergabfahrt schräg, d.h. nicht parallel zu dem Behälterboden 12, verlaufen, behält der Kraftstoffspiegel 5.1 in dem Schallführungskanal 2 weiterhin seine Kalottenform bei und die Messung der Laufzeit t wird nicht durch einen geneigten Kraftstoffspiegel 5.1 verhindert.

Die Referenzreflektionsfläche 19 dient dazu, die die Messung des Füllvolumens V beeinträchtigenden Einflüsse, sogenannte Störeinflüsse, beispielsweise die Temperatur und der Druck des Kraftstoffs, zu vermindern bzw. zu kompensieren. Der

Schallimpuls, der an der Referenzreflektionsfläche 19 reflektiert wird, wird als Referenzecho bezeichnet. Die Laufzeit des Referenzechos ist bekannt, sobald sie einmal bei einer bestimmten Temperatur und einem bestimmten Druck 5 gemessen worden ist, und ist beispielsweise in der Auswerteeinheit 23 gespeichert. Auch eine von einem Schallimpuls zurückzulegende Entfernung zwischen der Referenzreflektionsfläche 19 und dem Ultraschallwandler 3 ist bekannt und beispielsweise in der Auswerteeinheit 23 10 gespeichert. Die Laufzeit der Schallimpulse ist abhängig von der Schallgeschwindigkeit im Kraftstoff. Die Schallgeschwindigkeit im Kraftstoff ist abhängig von der Temperatur und vom Druck des Kraftstoffs. Durch den Vergleich der in der Auswerteeinheit 23 gespeicherten 15 Laufzeit eines Referenzechos mit der während einer Füllstandsmessung gemessenen Laufzeit eines Referenzechos können Störeinflüsse, wie beispielsweise eine Änderung der Temperatur, des Druckes oder der Dichte des Kraftstoffes, von der Auswerteeinheit 23 nachträglich herausgerechnet 20 werden, so daß eine auf diese Weise korrigierte Messung des Füllvolumens nahezu unabhängig von Temperatur und Druck ist. Der Biegeradius 14 der ersten Biegung 15 darf nicht zu klein sein, um die Leitung der Schallimpulse in Richtung Kraftstoffspiegel 5.1 nicht negativ zu beeinträchtigen. Ein 25 zu kleiner Biegeradius 14 führt zu einer zumindest teilweisen Reflektion des Schallimpulses an der Kanalwandung 22 zurück in Richtung Ultraschallwandler 3, so daß ein unerwünschtes zusätzliches Echo auftritt und der am Kraftstoffspiegel 5.1 refektierte Schallimpuls zumindest 30 sehr schwach ausfällt.

Der Ultraschallwandler 3 muß nicht an der Seitenwandung 10, sondern kann auch an dem Behälterboden 12 angeordnet sein.

35 Mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung können neben der Messung des Füllstands auch zusätzlich weitere Funktionen

ausgeführt werden. Beispielsweise kann die Vorrichtung Wasser, das beispielsweise im Dieselkraftstoff häufig vorkommt, im Kraftstofftank erkennen, das sich aufgrund der höheren Dichte am Behälterboden 12 ansammelt und über die Öffnungen 17 auch in den Schallführungskanal 2 gelangt. Zwischen dem Wasser und dem Kraftstoff bildet sich eine Trennschicht aus, die die Schallimpulse reflektiert, so daß ein zusätzliches Echo entsteht. Aufgrund dieses zusätzlichen Echos kann auf eine Wasserschicht am Behälterboden 12 geschlossen werden. Die Auswerteeinheit 23 kann durch Auswertung der Laufzeiten mehrerer Referenzechos der Referenzreflektionsflächen 19 das richtige und zur Grenzschicht Kraftstoff-Gas gehörende Echo herausfinden bzw. erkennen.

Außerdem ist es möglich, durch Auswertung der Laufzeiten des Referenzechos mit Hilfe der Auswerteeinheit 23 Kraftstoffeigenschaften, beispielsweise die Dichte des Kraftstoffs, zu berechnen und zu überprüfen. Dazu ist erforderlich, daß zusätzlich die Temperatur und der Druck in dem Kraftstoffbehälter 1 bekannt ist.

Bei der Vorrichtung nach Fig.2 sind die gegenüber der Vorrichtung nach Fig.1 gleichbleibenden oder gleichwirkenden Teile durch die gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet. Fig.2 zeigt im Schnitt eine Ansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einem gebogenen und schräg verlaufenden Schallführungskanal 2. Die Vorrichtung nach Fig.2 unterscheidet sich von der Vorrichtung nach Fig.1 darin, daß der Meßrohrbereich 16 nach der ersten Biegung 15 mit einer Kanalsteigung schräg, d.h. nicht in der gleichen Richtung wie die Seitenwandung 10, verläuft. Die Umlenkung 13 der ersten Biegung 15 ist beispielsweise größer neunzig Grad. Durch eine Veränderung der Umlenkung 13 und der Kanalsteigung wird die Laufzeit eines ausgesendeten Schallimpulses beeinflußt und damit die Steigung der Kennlinie 24 in Fig.6 variiert, so daß auf diese Weise eine

Empfindlichkeit der Messung des Füllvolumens V eingestellt werden kann. Da die Kraftstoffbehälter heutzutage sehr unterschiedliche und zum Teil auch sehr komplizierte Formen haben, ist es notwendig, die Laufzeit eines ausgesendeten Schallimpulses durch die Gestaltung des Meßrohrbereiches 16 des Schallführungskanals 2, beispielsweise durch die Veränderung der Kanalsteigung oder der Umlenkung 13, so anzupassen, daß für jeden Füllstand 4 eine ausreichende Empfindlichkeit erzielt wird. Die Kanalsteigung ist durch den Tangens des Kanalsteigungswinkels 25 definiert. Je kleiner die Kanalsteigung ist, desto länger ist der Weg von dem Ultraschallwandler 3 zum Kraftstoffspiegel 5.1 und desto größer ist auch die Laufzeit t des ausgesendeten Schallimpulses.

15

Bei der Vorrichtung nach Fig.3 sind die gegenüber den Vorrichtungen nach den Fig.1 und Fig.2 gleichbleibenden oder gleichwirkenden Teile durch die gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

20

Fig.3 zeigt im Schnitt eine Ansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einem mehrere Biegungen aufweisenden Schallführungskanal. Die Vorrichtung nach Fig.3 unterscheidet sich von der Vorrichtung nach Fig.2 darin, daß der Meßrohrbereich 16 neben der ersten Biegung 15 wenigstens eine weitere Biegung 27 mit einem Biegeradius 28 und einer vom Ultraschallwandler 3 wegweisenden Umlenkung 13.1 aufweist. Auch der Biegeradius 28 der weiteren Biegung 27 darf nicht zu klein sein, um die Leitung der Schallimpulse in Richtung Kraftstoffspiegel 5.1 nicht negativ zu beeinträchtigen. Die Umlenkung 13.1 ist beliebig, solange die Kanalsteigung positiv ist und der Schallführungskanal 2 in Richtung Deckenwandung 9 verläuft. Ein zu kleiner Biegeradius 28 führt zu einer zumindest teilweisen Reflexion des Schallimpulses an der Kanalwandung 22, so daß ein unerwünschtes zusätzliches Echo auftritt und der am Kraftstoffspiegel 5.1 refektierte Schallimpuls zumindest

30

35

sehr schwach ausfällt. Der Meßrohrbereich 16 kann neben der ersten Biegung 15 mit beliebig vielen weiteren Biegungen 27 vorgesehen sein. Vor und nach einer weiteren Biegung 27 kann jeweils ein mit einer Kanalsteigung geradlinig verlaufender Bereich 29 angeordnet sein. Dies ist jedoch nicht zwingend erforderlich. Durch die weitere Biegung 27 ist die Kanalsteigung zweier benachbarter geradlinig verlaufender Bereiche 29 voneinander abweichend.

Bei der Vorrichtung nach Fig.4 sind die gegenüber den Vorrichtungen nach den Fig.1 bis Fig.3 gleichbleibenden oder gleichwirkenden Teile durch die gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

Fig.4 zeigt im Schnitt eine Ansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einem gebogenen Schallführungskanal. Die Vorrichtung nach Fig.4 unterscheidet sich von der Vorrichtung nach Fig.3 darin, daß der Vorlaufbereich 11 und die erste Biegung 15 des Meßrohrbereichs 16 entfällt und der Ultraschallwandler 3 außerhalb des Kraftstoffbehälters 1 an der Außenseite des Behälterbodens 12 angeordnet ist.

Durch das Fehlen des Vorlaufbereiches 11 ergibt sich die bereits beschriebene Meßungenauigkeit bei niedrigen Füllständen. Jedoch kann die Laufzeit  $t$  der Schallimpulse durch wenigstens eine weitere Biegung 27, durch den Grad der Umlenkung 13 und durch die Kanalsteigung so angepaßt werden, daß sich bei den übrigen Füllständen eine hohe Empfindlichkeit ergibt.

Durch die äußere Anordnung des Ultraschallwandlers 3 an dem Behälterboden 12 wird jedoch die Bodenfreiheit, d.h. der Abstand zwischen dem Behälterboden 12 des Kraftfahrzeugs und einer Fahrbahnoberfläche, verringert. Dadurch setzt das Kraftfahrzeug beim Fahren über ein Hindernis, beispielsweise eine Bodenwelle, früher auf die Fahrbahnoberfläche auf als ohne den außen an den Behälterboden 12 angeordneten Ultraschallwandler 3. Außerdem besteht die Gefahr, daß der Ultraschallwandler 3 bei einer Berührung mit dem Hindernis

beschädigt oder sogar abgerissen wird. Bei einer Anordnung des Ultraschallwandlers 3 an der Seitenwandung 10 ist der Ultraschallwandler 3 besser gegen Beschädigung geschützt.

5 Bei der Vorrichtung nach Fig.5 sind die gegenüber den Vorrichtungen nach den Fig.1 bis Fig.4 gleichbleibenden oder gleichwirkenden Teile durch die gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

10 Fig.5 zeigt im Schnitt eine Ansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einem innerhalb des Kraftstoffbehälters angeordneten Ultraschallwandler. Die Vorrichtung nach Fig.5 unterscheidet sich also von der Vorrichtung nach Fig.3 darin, daß der Ultraschallwandler innerhalb des Kraftstoffbehälters 1 angeordnet ist.

15 Der Ultraschallwandler 3 kann auch innerhalb des Kraftstoffbehälters 1 nahe dem Behälterboden 12 vorgesehen sein. Der Ultraschallwandler 3 ist beispielsweise an der Innenseite der Seitenwandung 10 angeordnet. Dies erfordert jedoch, daß der Ultraschallwandler 3 gegenüber dem Kraftstoff abgedichtet ist und aus einem kraftstoffbeständigem Material besteht. Der Ultraschallwandler 3 kann auch in dem Schallführungskanal 2 integriert angeordnet sein.

20 Fig.6 zeigt die Kennlinie 24 der erfindungsgemäßen Vorrichtung, dargestellt mit dem Füllvolumen V auf der Ordinate und der Laufzeit t auf der Abszisse. Die Kennlinie 24 stellt das Füllvolumen V als Funktion der Laufzeit t dar. Die Kennlinie 24 wird experimentell ermittelt, indem für bekannte und im Kraftstofftank befindliche Füllvolumen V die entsprechende Laufzeit t gemessen wird. Dabei ergibt sich ein Laufzeitintervall 33, das sämtliche Laufzeiten t vom minimal meßbaren Füllvolumen 34 bis zum maximalen Füllvolumen 35 des Kraftstoffbehälters 1 enthält. Die Kennlinie 24 wird dann beispielsweise mittels mehrerer Stützpunkte 31 in der Auswerteeinheit 23

gespeichert, so daß für jede Laufzeit  $t$  ein zugehöriges  
Füllvolumen  $V$  berechnet werden kann. Die Steigung der  
Kennlinie 24 entspricht einer Empfindlichkeit der Messung.  
Eine niedrige Steigung der Kennlinie 24 bedeutet eine hohe  
5 Empfindlichkeit, da eine kleine Änderung des Füllvolumens  $V$   
bereits eine hohe Änderung der Laufzeit  $t$  bewirkt. Eine  
niedrige Kanalsteigung des Schallführungskanals 2 führt  
durch lange Laufzeiten  $t$  auch zu einer niedrigen Steigung  
der Kennlinie 24 und damit zu einer hohen Empfindlichkeit.  
10 Je größer das Laufzeitintervall 33 für ein fixes Füllvolumen  
  
 $V$  ist, desto flacher ist die Steigung der Kennlinie und  
desto höher ist eine Auflösung und die Empfindlichkeit des  
Meßwertes bezüglich des Füllstandes.

Da dem Fahrer des Kraftfahrzeuges bei niedrigem Füllstand 4  
15 eine sehr genaue Information über den Füllstand im  
Kraftstoffbehälter zur Verfügung gestellt werden soll, muß  
die Kennlinie 24 bei kleinen Füllvolumen  $V$  und kurzen  
Laufzeiten  $t$  in einem Restmengenbereich 32 eine hohe  
Empfindlichkeit und daher eine niedrige Steigung aufweisen.  
20 Der Schallführungskanal 2 hat daher nahe dem Behälterboden  
  
12 eine niedrige Kanalsteigung.

Durch die Variation der Anzahl der Biegungen 27 und/oder der  
Anzahl der geraden Bereiche 29 und/oder der Kanalsteigung  
der geraden Bereiche 29 des Meßrohrbereiches 16 und/oder der  
Umlenkung 13 und 13.1 kann somit die Empfindlichkeit der  
Messung des Füllstands über den gesamten Bereich des  
Füllvolumens  $V$  an die jeweilige Form oder Geometrie des  
Kraftstoffbehälters 1 angepaßt werden.

10.09.02 Hue

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Ansprüche

1. Vorrichtung zur Messung eines Füllstandes einer Flüssigkeit in einem Behälter mit einem Behälterboden, insbesondere in einem Kraftstoffbehälter eines Kraftfahrzeugs, mit einem in dem Behälter angeordneten Schallführungskanal und mit wenigstens einem nahe einem Ende des Schallführungskanals angeordneten Ultraschallwandler zur Erzeugung von Ultraschallimpulsen und zum Empfangen der im Bereich eines

20

Flüssigkeitsspiegels im Behälter reflektierten Ultraschallimpulsen, dadurch gekennzeichnet, dass der Schallführungskanal (2) einen waagerechten oder schrägen und nahe dem Behälterboden (12) angeordneten Vorlaufbereich (11) aufweist.

2

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Vorlaufbereich (11) geradlinig oder geschlungen ist.

30

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Ultraschallwandler (3) an einer Seitenwandung (10) des Behälters (1) angeordnet ist.

35

4. Vorrichtung zur Messung eines Füllstandes einer Flüssigkeit in einem Behälter mit einem Behälterboden, insbesondere in einem Kraftstoffbehälter eines Kraftfahrzeugs, mit einem in dem Behälter angeordneten Schallführungskanal und mit wenigstens einem nahe einem Ende des Schallführungskanals angeordneten Ultraschallwandler zur Erzeugung von Ultraschallimpulsen und zum Empfangen der im Bereich eines Flüssigkeitsspiegels im Behälter reflektierten Ultraschallimpulse, dadurch gekennzeichnet, dass der Schallführungskanal (2) wenigstens eine Biegung (15,27) mit je einer Umlenkung (13, 13.1) und/oder wenigstens einen geraden Bereich (29) mit einem Kanalsteigungswinkel (25) aufweist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Ultraschallwandler (3) an einem Behälterboden (12) des Behälters (1) angeordnet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Ultraschallwandler (3) ausserhalb des Behälters (1) angeordnet ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Ultraschallwandler (3) innerhalb des Behälters (1) angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Ultraschallwandler (3) gleichzeitig Sender und Empfänger ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Schallführungskanal (2) wenigstens eine Referenzreflektionsfläche (19) aufweist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 4, dadurch  
gekennzeichnet, dass der Schallführungskanal (2)  
wenigstens zwei Öffnungen (17) aufweist.

10.09.02 Hue

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10 Vorrichtung zur Messung eines Füllstandes einer Flüssigkeit  
in einem Behälter



15 Zusammenfassung

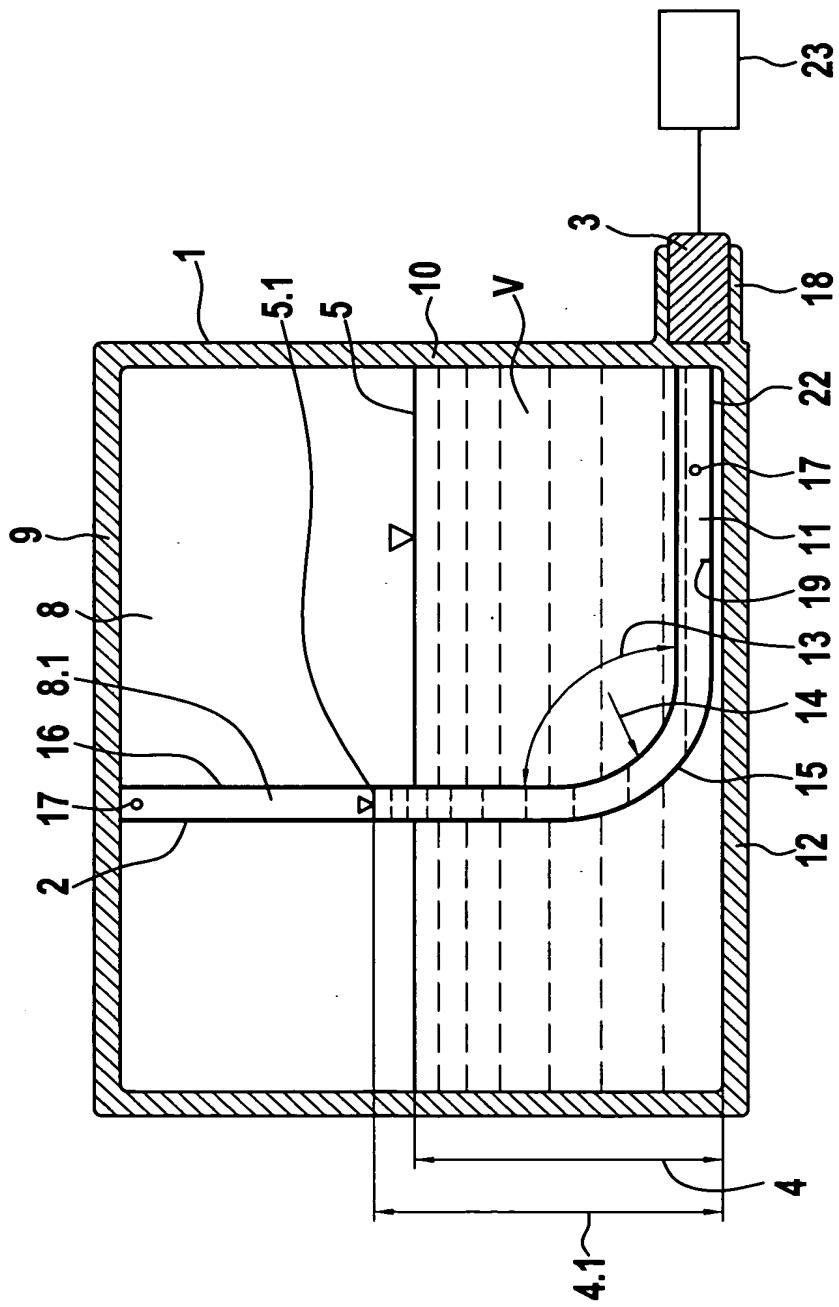
Bekannte Vorrichtungen zur Messung eines Füllstandes einer Flüssigkeit in einem Behälter messen den Füllstand mittels eines Ultraschallwandlers, wobei ein niedriger Füllstand 20 nahe einem Behälterboden nicht oder nur ungenau gemessen werden kann, da die Laufzeit des ausgesendeten Schallimpulses bei niedrigem Füllstand so kurz ist, daß der ausgesendete Schallimpuls noch nicht abgeklungen ist, bevor das Echo bereits zurückkommt. Der ausgesendete Schallimpuls überschneidet sich dann mit dem Echo, so daß die tatsächliche Laufzeit des Schallimpulses nicht exakt ermittelt werden kann.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird die Laufzeit der ausgesendeten Schallimpulse verlängert, so daß die Laufzeit 30 ausreicht, um den erzeugten ausschwingenden Schallimpuls von seinem Echo sicher zu trennen.

Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, einen Vorlaufbereich (11) mit einer sich anschließenden Biegung (15) in einem Schallführungskanal (2) vorzusehen.

35

(Fig.1)



1  
Fig.

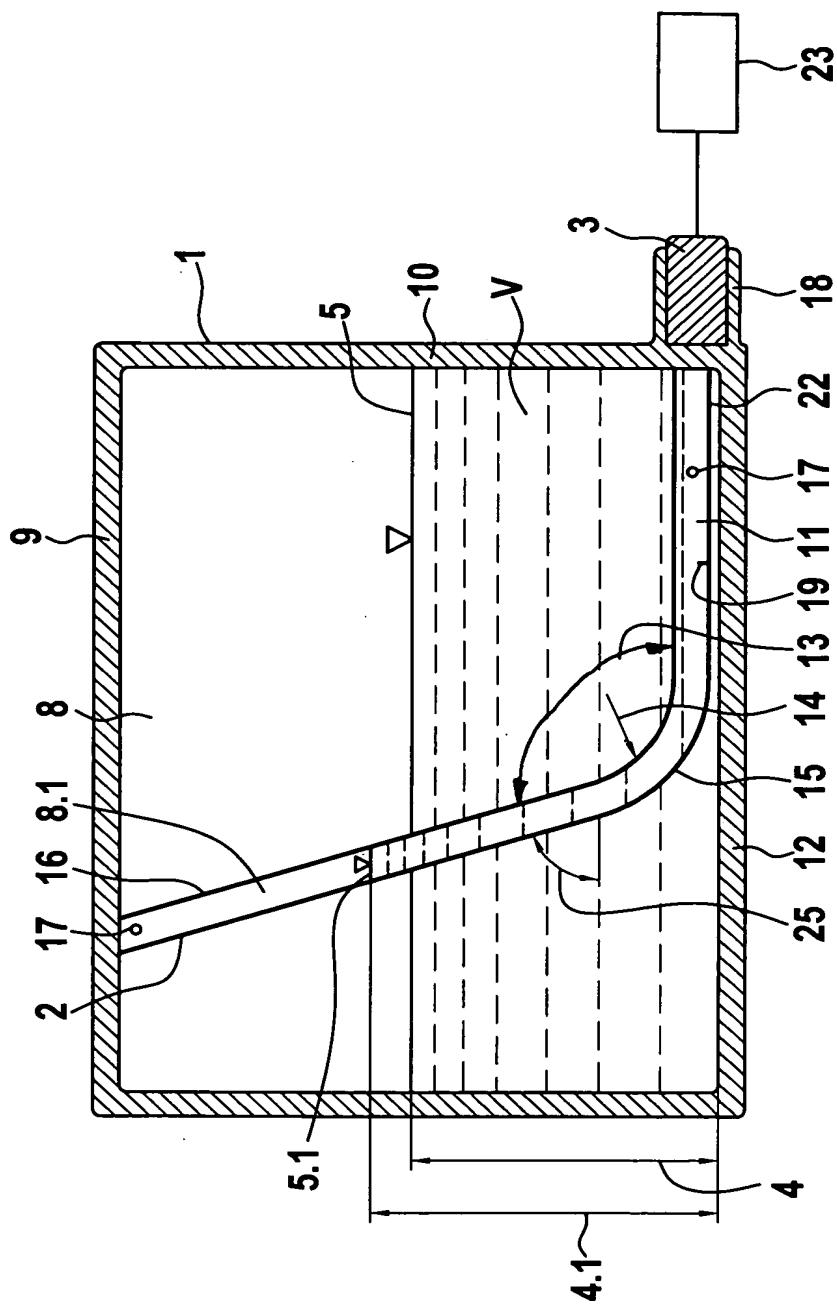
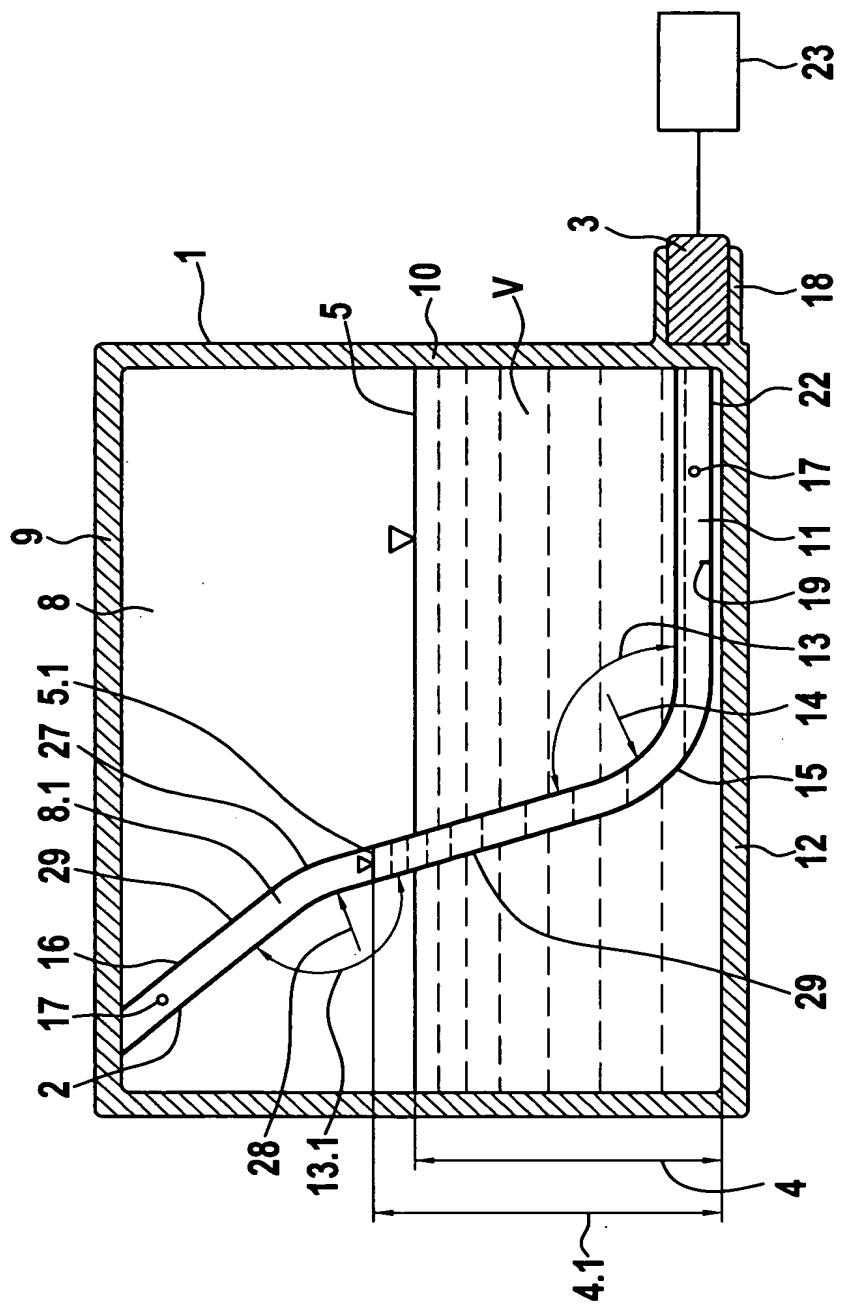


Fig. 2



**Fig. 3**

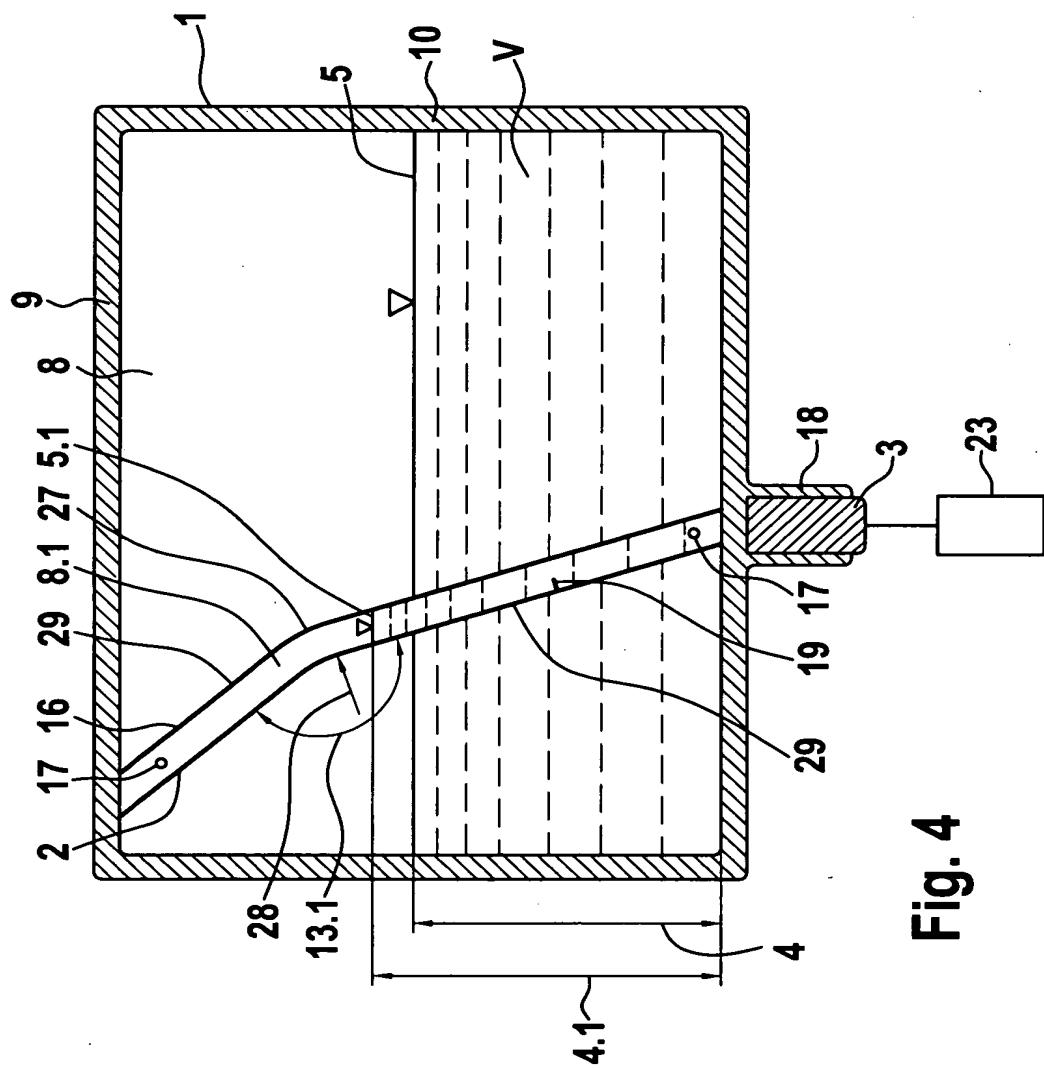


Fig. 4

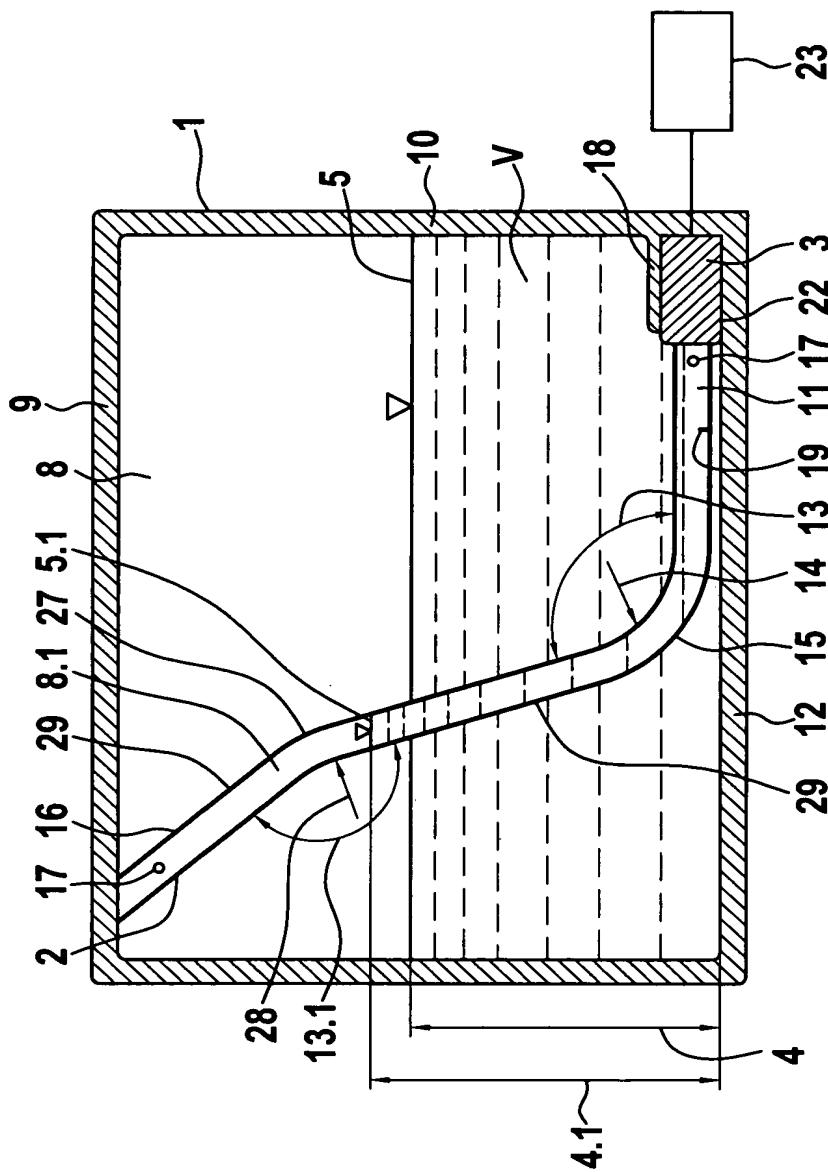


Fig. 5

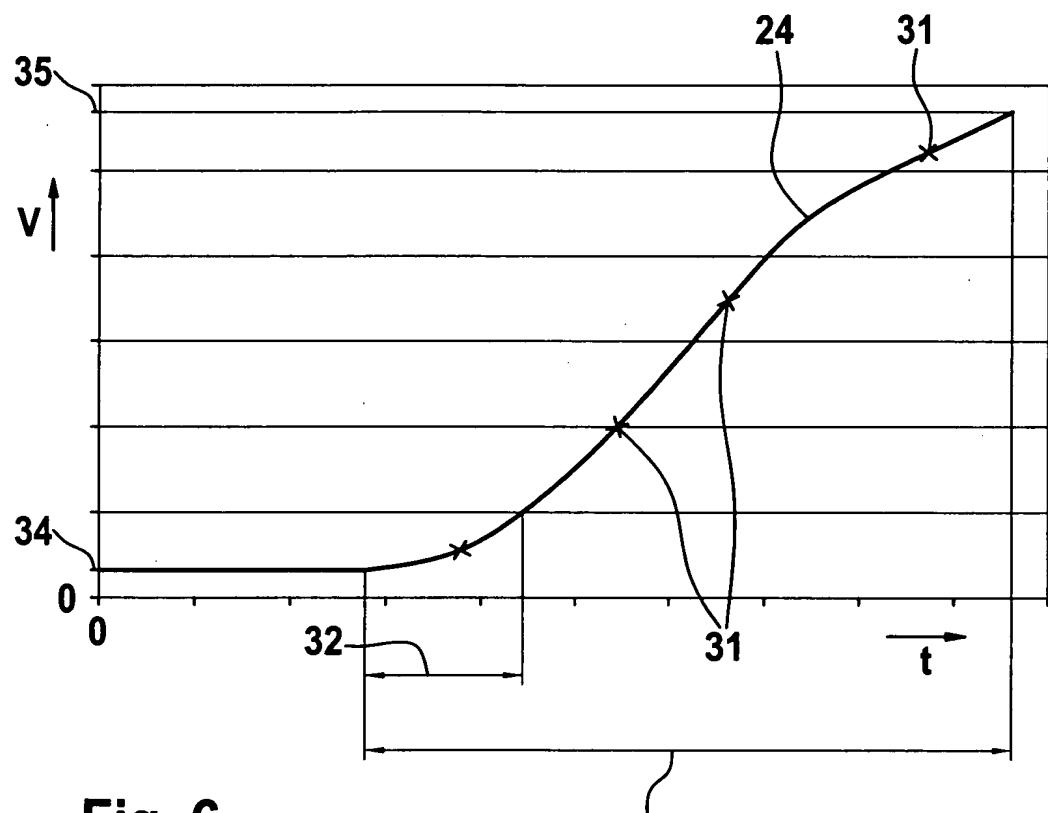


Fig. 6